

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yukio TANIGUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW CONTINUATION APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: CRYSTALLIZATION APPARATUS, CRYSTALLIZATION METHOD, AND PHASE SHIFT MASK

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☒ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number PCT/JP03/03366, filed March 19, 2003, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
- | <u>Application No.</u>   | <u>Date Filed</u> |
|--|-------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below. |                   |

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

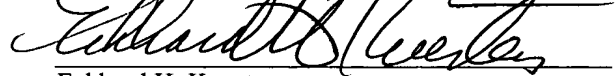
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-120312	April 23, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    4 月 2 3 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 1 2 0 3 1 2  
Application Number:

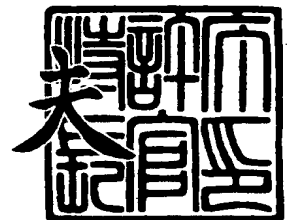
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 1 2 0 3 1 2 ]

出    願            人            株式会社    液晶先端技術開発センター  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 7 9 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 MM02-025

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター 内

【氏名】 谷口 幸夫

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター 内

【氏名】 松村 正清

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター 内

【氏名】 木村 嘉伸

【特許出願人】

【識別番号】 501286657

【氏名又は名称】 株式会社液晶先端技術開発センター

【代理人】

【識別番号】 100077779

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧 哲郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100078260

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧 レイ子

【選任した代理人】

【識別番号】 100086450

【弁理士】

【氏名又は名称】 菊谷 公男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010146

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶化半導体膜の製造装置および製造方法ならびに位相シフトマスク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 位相シフトマスクを用いて位相シフト部において光強度が略 0 となる逆ピークパターンを発生し、

この逆ピークパターンを有するレーザ光を多結晶または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する装置において、

前記位相シフトマスクと半導体膜の間に結像光学系を配置することを特徴とする結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 2】 前記結像光学系の焦点位置から所定の距離だけ離れたデフォーカス位置に前記半導体膜を保持した状態で前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 1 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 3】 前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、この結像光学系の NA を変更して前記逆ピークパターンの幅を調節可能になし、  
しかして前記逆ピークパターンの幅を所定値に調節して前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 1 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 4】 前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、この結像光学系の射出瞳関数が外側領域と内側領域の大小 2 種類の分布の和になるようになし、

しかして前記逆ピークパターンを 2 段逆ピークパターンにして前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 1 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 5】 前記位相シフトマスクのマスクパターンが少なくとも 3 以上の位相シフト線からなる交点を有し、この交点を中心とする円形領域の複素透過率の積分値が略 0 であることを特徴とする請求項 1 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 6】 前記 3 以上の位相シフト線は、その位相差がいずれも  $180$  度 ( $\pi$ ) 未満であることを特徴とする請求項 5 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 7】 前記 3 以上の位相シフト線は、4 とする場合その位相差はいずれも略 90 度であることを特徴とする請求項 5 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 8】 前記 NA を変更して前記逆ピークパターンの幅を所定値に調節するときは、

前記所定値を D、

前記レーザ光の波長を  $\lambda$ 、

前記結像光学系の開口数を NA、

とした場合、

$$D = k \lambda / NA \quad (k \text{ は } 0.5 \sim 2 \text{ の値})$$

を満たすものであることを特徴とする請求項 3 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 9】 前記結像光学系の射出瞳関数の分布の大きさは、

前記 2 段逆ピークパターンの内側の径を D1、

前記 2 段逆ピークパターンの外側の径を D2、

角度で表した瞳関数の中の前記外側領域の径を  $\theta 1$ 、

角度で表した瞳関数の中の前記内側領域の径を  $\theta 2$ 、

とした場合、

$$D1 = k \lambda / \sin \theta 1 \quad (k \text{ は } 0.5 \sim 2 \text{ の値})$$

$$D2 = k \lambda / \sin \theta 2 \quad (k \text{ は } 0.5 \sim 2 \text{ の値})$$

を満たすものであることを特徴とする請求項 4 記載の結晶化半導体膜の製造装置。

【請求項 10】 位相シフトマスクを用いて位相シフト部において光強度が略 0 となる逆ピークパターンを発生し、

この逆ピークパターンを有するレーザ光を多結晶または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する工程において、

前記位相シフトマスクと半導体膜の間に結像光学系を配置することを特徴とする結晶化半導体膜の製造方法。

【請求項 11】 前記結像光学系の焦点位置から所定の距離だけ離れたデフォー

一カス位置に前記半導体膜を保持した状態で前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 10 記載の結晶化半導体膜の製造方法。

【請求項 12】 前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、  
この結像光学系の NA を変更して前記逆ピークパターンの幅を調節可能になし、  
しかして前記逆ピークパターンの幅を所定値に調節して前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 10 記載の結晶化半導体膜の製造方法。

【請求項 13】 前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、  
この結像光学系の射出瞳関数が外側領域と内側領域の大小 2 種類の分布の和になるようになし、  
しかして前記逆ピークパターンを 2 段逆ピークパターンにして前記半導体膜を結晶化することを特徴とする請求項 10 記載の結晶化半導体膜の製造方法。

【請求項 14】 マスクパターンが少なくとも 3 以上の位相シフト線からなる交点を有し、この交点を中心とする円形領域の複素透過率の積分値が略 0 であることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項 15】 前記 3 以上の位相シフト線は、その位相差がいずれも  $180$  度 ( $\pi$ ) 未満であることを特徴とする請求項 14 記載の位相シフトマスク。

【請求項 16】 前記 3 以上の位相シフト線は、4 とする場合その位相差はいずれも略  $90$  度であることを特徴とする請求項 14 記載の位相シフトマスク。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、位相シフトマスクを用いて位相を変調したレーザ光を多結晶または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化半導体膜の製造装置および製造方法ならびに位相シフトマスクに関する。

##### 【0002】

##### 【発明が解決しようとする課題】

液晶表示装置 (Liquid-Crystal-Display: LCD) の画素に加わる電圧を制御するスイッチング素子などに用いられる薄膜トランジスタ (Thin-Film-Transistor: TFT) の材料には大きく分けて非晶質シリコン (amorphous-Silicon: a-Si) と多結晶シリコン (poly-Silicon: poly-Si) がある。

poly-Si は a-Si よりも電子移動度が高いので、トランジスタにした場合のスイッチング速度が速く、ディスプレイの応答を速くしたり、他の部品の設計マージンを減らせるなどの利点がある。

また、ディスプレイ本体以外にドライバ回路や DAC などの周辺回路をディスプレイに組み入れる場合、それらの回路をより高速に動作させることができる。

#### 【0003】

poly-Si は結晶粒の集合からなるが、結晶シリコンに比べるとまだ移動度が低く、またトランジスタを小さくしたときにチャネルに入る粒界数のバラツキが問題となる。

そのため、最近になって大粒径の多結晶シリコンを生成する方法が提案されている。

その一つの方法として、位相シフトマスクを半導体膜と平行に近接させた状態でパルスレーザを照射する「位相制御 E L A (Excimer Laser Annealing)」がある。例えば本技術は「表面科学 Vol. 21, No. 5, pp. 278-287, 2000」に詳しい。

位相制御 E L A は、マスクパターンを通過する光の位相を交互に 0、 $\pi$  とずらすことにより、位相シフト部において光強度が 0 となる逆ピークパターンを発生し、この逆ピークパターンにより一番最初に凝固する領域 (結晶核) を位置制御し、そこから周囲に結晶を横方向に成長させる (ラテラル成長) ことにより、大粒径の結晶粒を指定した位置に設ける方法である。

このとき、位相シフトマスクの形状や半導体面との距離、レーザ光の角度分布などにより、理想的な光強度プロファイルを設計している。

#### 【0004】

この位相制御 E L A は、位相シフトマスクと半導体面を典型的には数  $\mu\text{m}$  から数百  $\mu\text{m}$  程度の間隔を空けて保持するが、パルスレーザの照射時に、半導体薄膜の一部がアブレーションして飛散し、位相シフトマスクを汚染してしまう。



このため、パルス数と共に光強度パターンが劣化してしまい、結晶化が正確に進行しないという問題があった。

また、半導体面を光軸方向に位置を調整する必要があるが、位相シフトマスクと半導体基板の間の間隔が非常に狭いため、センサ系や検知するための光束などを挿入できないという問題もあった。

#### 【0005】

そこで本発明は、位相シフトマスクを介してレーザ光を半導体基板に照射する際のアブレーションによる汚染を回避し、位相シフトマスクと半導体基板の間に位置決めのためのセンサを挿入できるようにすることなどを目的になされたものである。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、本発明は以下のように構成した。

#### 【0007】

すなわち、本発明の結晶化半導体膜の製造装置は、位相シフト部において光強度が略0となる逆ピークパターンを発生する位相シフトマスクと半導体膜の間に結像光学系を配置することにより上記目的が達成される。

#### 【0008】

また、本発明の結晶化半導体膜の製造装置は、前記結像光学系の焦点位置から所定の距離だけ離れたデフォーカス位置に前記半導体膜を保持することにより上記目的が達成される。

#### 【0009】

また、本発明の結晶化半導体膜の製造装置は、前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、この結像光学系のNAを変更して前記逆ピークパターンの幅を調節可能になし、これにより上記目的が達成される。

#### 【0010】

また、本発明の結晶化半導体膜の製造装置は、前記結像光学系の焦点位置に前記半導体膜を保持すると共に、この結像光学系の射出瞳関数が外側領域と内側領域の大小2種類の分布の和になるようになし、これにより上記目的が達成される。

。

**【0011】**

本発明および従来の「位相制御 E L A」での結晶化に用いられるマスクにはいろいろな種類のものが考えられるが、逆ピークを二次元的に分布させることが可能なマスクとして下記のものを用いられる。

すなわち、位相シフトマスクのマスクパターンが少なくとも 3 以上の位相シフト線からなる交点を有し、この交点を中心とする円形領域の複素透過率の積分値が略 0 であるとする。

**【0012】**

また、好ましくは、前記 3 以上の位相シフト線は、その位相差がいずれも 180 度 ( $\pi$ ) 未満であるとする。

**【0013】**

また、好ましくは、前記 3 以上の位相シフト線は、4 とする場合その位相差はいずれも略 90 度であるとする。

**【0014】**

また、好ましくは、前記 NA を変更して前記逆ピークパターンの幅を所定値に調節するときは、前記所定値を D、前記レーザ光の波長を  $\lambda$ 、前記結像光学系の開口数を NA、とした場合、

$$D = k \lambda / NA \quad (k : 0.5 \sim 2)$$

を満たすものであるとする。

**【0015】**

また、好ましくは、前記結像光学系の射出瞳関数の分布の大きさは、前記 2 段逆ピークパターンの内側の径を D1、前記 2 段逆ピークパターンの外側の径を D2、角度で表した瞳関数の中の前記外側領域の径を  $\theta 1$ 、角度で表した瞳関数の中の前記内側領域の径を  $\theta 2$ 、とした場合、

$$D1 = k \lambda / \sin \theta 1 \quad (k : 0.5 \sim 2)$$

$$D2 = k \lambda / \sin \theta 2 \quad (k : 0.5 \sim 2)$$

を満たすものであるとする。

**【0016】**

**【発明の実施の形態】**

以下に図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

**【0017】**

図1に、本発明を実施した結晶化半導体膜の製造装置で用いるレーザ照射装置の概略図を示す。

レーザ照射装置は、レーザ装置1の先にビームエキスパンダ2、ホモジナイザ3、ミラー4を介して位相シフトマスク5を配置し、結像光学系6を間に入れて位相シフトマスク5の対向面に被処理基板7を設置する。

被処理基板7は、真空チャックや静電チャックなどの基板チャック8を用いて所定の位置に保持する。

**【0018】**

次に、このレーザ照射装置を用いた結晶化半導体膜の製造方法について具体的に説明する。

本発明は結像光学系を用いる方法・装置全般に関するが、その中でも特にデフォーカス法、NA (Numerical Aperture: 開口数) 法、瞳関数法による3種類の製造方法を提案している。

図2に、デフォーカス法の模式図を示す。

デフォーカス法は、位相シフトマスク5と被処理基板7の間に十分大きなNAの結像光学系6を入れ、結像光学系6の焦点位置からデフォーカスした位置に被処理基板7を保持して照明光の入射角度分布とマスクパターンとデフォーカス量により光強度分布を調整する方法である。

図において、位相シフトマスク5の出射側表面の光強度分布は近似的に均一で、その場合、位相シフト部の焦点外れ位置に回折縞が生じ、図に示すようなベッケ線の光強度分布（デフォーカス像A）になる。

位相シフトマスク5のマスクパターンは結像光学系6により結像され、結像面での光強度分布は結像光学系6のNAで決定される解像度  $R = k \lambda / NA$  以下の成分はカットされるものの基本的に均一で、この結像面から光軸方向に前後して離れた2つの位置での光強度分布（デフォーカス像B、C）は、結像光学系6のNAで決定される解像度  $R = k \lambda / NA$  以下の成分はカットされるものの基本的

にデフォーカス像Aと同じになる。

この2つの位置のいずれかに被処理基板7を配置して光照射することにより、位相制御ELA法と同様に位相シフト部において光強度が0となる逆ピークパターンによる露光が行われる。

このときの逆ピークパターンの幅は、デフォーカス量の $1/2$ 乗に比例して拡大する。

なお、このとき被処理基板7からはアブレーションが発生するが、間に結像光学系6が入るので位相シフトマスク5を汚すことはない。

また、結像光学系6に対しても、直近の光学部品ともある程度の距離（数cm程度）があるので影響はない。

この他、被処理基板7の位置を計測するセンサを挿入することも可能になる。

#### 【0019】

図3に、NA法の模式図を示す。

NA法は、位相シフトマスク5と被処理基板7の間にNAが調整可能な結像光学系6を入れ、結像光学系6の焦点位置に被処理基板7を保持して照明光の角度分布とマスクパターンとNAにより光強度分布を調整する方法である。

図において、位相シフトマスク5のマスクパターンは結像光学系6により結像される。

そして、結像光学系6のNAで決定される解像度 $R = k\lambda / NA$ 以下の成分はカットされるため、図に示すような焦点面での位相シフト部において光強度が0となる解像度と同程度の幅の逆ピークパターンが発生する。

ここでのkはマスクを照射する光学系の仕様や、光源のコヒーレンスの程度、解像度の定義にもよるがほぼ1に近い値である。

この焦点面に被処理基板7を配置して光照射することにより、結晶の核を生成することが可能となる。

このときの逆ピークパターンの幅は、解像度 $R = k\lambda / NA$ に比例して決定される。

すなわち、NAを小さくして解像度を意図的に落とすと、反対に逆ピークパターンの幅が大きくなる。このときNAを小さくする方法は、開口寸法が異なる複

数の絞り板を用意しておきそれを交換してもよく、また連続的に開口寸法が変化できる絞りを設けてもよい。

なお、このとき被処理基板 7 からはアブレーションが発生するが、間に結像光学系 6 が入るので位相シフトマスク 5 を汚すことはない。

また、結像光学系 6 に関しても、直近の光学部品ともある程度の距離（数 cm 程度）があるので影響はない。

この他、被処理基板 7 の位置を計測するセンサを挿入することも可能になる。

#### 【0020】

図 4 に、瞳関数法の模式図を示す。

瞳関数法は、位相シフトマスク 5 と被処理基板 7 の間に絞り（瞳）を有する結像光学系 6 を入れ、結像光学系 6 の焦点位置に被処理基板 7 を保持して照明光の角度分布とマスクパターンと瞳関数により光強度分布を調整する方法である。

図において、瞳は内側の完全透過領域 A と外側の半透過領域 B から構成される。

半透過領域 B は、一部の光を透過し、残りの光を何らかの方法で除去する。

第 1 の方法は、透明板上に遮光材料を設けて除去する。

遮光材料は、例えばクロムを透過率に応じた厚みにスパッタなどの方法で成膜した後、エッチングなどによりパターンニングする。

この場合、遮光材料は一部の光を反射し、一部の光を吸収する。

クロム膜は一例であって、例えば Z r S i O など遮光する材料なら何でも用いることができる。

第 2 の方法は、半透過領域 B に使用波長の光を部分的に反射するように設計された多層膜をパターンニングして除去する。

反射の場合には、絞り材料が不要光を吸収しないため発熱しないという利点がある。ただし、反射光が他のレンズや鏡筒に当たり、フレア（迷光）の原因とならないように考慮する必要がある。また、完全透過領域 A と半透過領域 B で位相差が発生しないよう、厚みや材料を調整する等の考慮が必要である。

#### 【0021】

瞳関数法は、一般に N A が大きいと結像のスポット径が小さくなることを利用

していて、完全透過領域Aを通過した光は、見かけ上のNAが小さくなるため、図に示すような幅の広い逆ピークパターンを発生し、半透過領域Bを通過した光は、見かけ上のNAが大きくなるため、図に示すような幅の狭い鋭い逆ピークパターンを発生する。

その結果、結像光学系6の瞳関数を完全透過領域Aと半透過領域Bの関数の和とすることにより、図に示すような焦点面での位相シフト部において光強度が0となる2段逆ピークパターンが発生する。

逆ピークパターンの発生原理はNA法と似ているが、NA法はパターンの大きさのみを制御するのに対し、瞳関数法ではパターンの形状も制御できる。

この焦点面に被処理基板7を配置して光照射すると、内側の逆ピークパターンでは光強度が略0なのでここが結晶の核となり、内側の逆ピークパターンでは光強度分布に応じた温度勾配が生じるので、横方向への結晶成長が容易になる。

#### 【0022】

完全透過領域Aと半透過領域Bの形状は共に円形でもよいが、その形を平面のXY方向で違えることにより、2段逆ピークパターンの光強度分布をXY方向で異なるようにすることができる。

2段逆ピークパターンの内側の径をD1、外側の径をD2とし、角度で表した半透過領域Bの径を $\theta 1$ 、完全透過領域Aの径を $\theta 2$ とすると、

$$D1 = k \lambda / \sin \theta 1$$

$$D2 = k \lambda / \sin \theta 2$$

と計算できる。

ここでのkはマスクを照射する光学系の仕様や、光源のコヒーレンスの程度、解像度の定義にもよるがほぼ1に近い値である。

これより、2段逆ピークパターンの内側の径D1と外側の径D2は、それぞれ半透過領域Bと完全透過領域Aの大きさに反比例する。

そのため、図5と図6に示すように、完全透過領域AはX方向が短くY方向が長い矩形なので、その逆ピークパターンの光強度分布は側面視X方向の幅が広く、Y方向の幅が狭くなる。

これに対し、半透過領域Bは円形なので、その逆ピークパターンの光強度分布

は側面視 X Y 方向とも同じ幅になる。

従って、両者の和である 2 段逆ピークパターンの光強度分布は、平面視内側が円形で外側が楕円形になり、側面視上段部の幅が X Y 方向で異なるようになる。

これにより、結晶の形やその配置のピッチを X Y 方向で異なるように制御できるようになる。

特に外側の逆ピークパターンが X Y 方向で径が異なるということは基板上強度分布において位置-強度の変化の傾きが異なるということであり、結晶はその傾きの大きな方向、すなわち外側の逆ピークパターンの短軸方向に選択的に成長し、その結果できる結晶もその方向に高電子移動度を有するようになる。この方向にトランジスタのソースドレインの方向を合わせることで、よりよい特性のトランジスタが作製できる。

このように、瞳関数法は NA 法の特長を持ちながら 2 段逆ピークパターンを生成できるので、結晶化にはより有効である。

#### 【0023】

本発明における照明光学系は、エキシマレーザと光学系を組み合わせるレーザからの光を位相シフトマスクに照射する照明光を作成する。

このとき、位相シフトマスク面内での光強度の均一性および入射角度方向での均一性を確保する必要がある。

特に、エキシマレーザはパルス毎の発振位置にバラツキがあるので均一性の確保は重要である。

同時に、デフォーカス法では位相シフトマスクのデフォーカス像のコントラストを落とさない（逆ピークパターンの中心強度を持ち上げない）ためには、発散が少ない（平行光に近い）ことが必要である。

NA 法では、デフォーカス法と異なり、発散が少ない（平行光に近い）必要はない。

#### 【0024】

本発明における位相シフトマスクは、種々のものが用いられる。その一例として位相 0 と  $\pi$  の位相シフト領域を交互に配列したものがある。

図 7 に示すように、位相 0 と  $\pi$  の位相シフト領域を平行に配列した場合は、そ

の境界（位相シフト線）に沿って線状の光強度 0 の領域ができる。

次に位相シフト線を直交し、位相 0 と  $\pi$  を市松格子状に配列させることが考えられるが、この場合は位相シフト線に沿って格子状の光強度 0 の領域ができる。

ただしこの場合、結晶の核はこの線上の任意の位置で発生してしまい、結晶粒の位置・形とも制御は困難になる。そのため結晶核の発生を制御するためには強度 0 領域は点状であることが望ましい。

そのため、直交する位相シフト線の位相シフト量を  $180^\circ$  未満にし、これにより、位相シフト線の対応する位置では強度は（減少するものの）完全には 0 にはならないと同時に、交点の周囲の複素透過率の和を 0 にすることにより、交点に対応する位置の強度は 0 にできる。その一例を図 8 に示す。

従って、強度 0 の領域を点状につくることができ、ここが結晶の核となるので、結晶粒の位置・形を制御できる。

このマスクパターンは本発明中記載の投影光学系を用いる方法と組み合わせても用いられるが、従来の位相制御 E L A 法においても用いることができる。この場合も、位相シフト線の直交点のみで強度を 0 にすることが可能となり、有効である。

#### 【0025】

本発明における結像光学系は、位相シフトマスク面の光強度分布を忠実に空中に結像する。

デフォーカス法では、必要な解像度を得るためには、ある値以上の NA を確保することと、光学系の収差量を抑える必要がある。

NA 法では、意図的に所定の解像度以上の成分を除去するために、NA を所定の値に設定するための調整機構を有する。

これらの光学系は、レンズ系でもよいし、ミラー系でもよい。また、レンズとミラーの複合系でもよい。

#### 【0026】

本発明における基板チャックは、被処理基板を空中像から所定のデフォーカス量だけ離れた位置、あるいは空中像の位置に真空チャックや静電チャックなどで保持する。



また、必要に応じて露光と移動を繰り返すための移動ステージ、面内方向や光軸方向の位置合わせのためのセンサ、アクチュエータ、制御系を備える。

#### 【0027】

##### 【実施例 1】

本発明の「デフォーカス法」の実施例を示す。

本実施例において、レーザ装置 1 は、波長 248 nm の KrF エキシマレーザで構成し、レーザ光の光束をビームエキスパンダ 2 で拡げた後、位相シフトマスク 5 に照射される光強度をホモジナイザ 3 で均一化している。

ホモジナイザ 3 は、一般の露光機で用いられるのと同様なフライアイレンズにより実現した。

なお、この照明系の NA は 0.05 とした。

#### 【0028】

結像光学系 6 は、入射瞳と射出瞳の両方が無限遠に位置する両側テレセントリック系を用い、その基本仕様は NA を 0.2、倍率を 1.0 とした。

位相シフトマスク 5 は、隣接するパターンが逆位相 ( $180^\circ$  のずれ) で幅  $10\ \mu\text{m}$  の同一位相の領域を縞状に配列したもので、具体的には屈折率 1.5 の石英基板を 248 nm の光に対して位相が  $\pi$  に相当する深さ、すなわち 248 nm の深さにエッチングして作製した。

これにより、位相シフト線を通過した光は隣接する透過光が逆位相であるため、対応する位置で光強度が 0 となり、これが半導体膜を結晶化する際の核になる。

被処理基板 7 は、厚さ 0.6 mm の液晶ディスプレイ用白板の上に化学気相成長法により下地膜と a-Si 膜をこの順で成膜したものを使用した。

#### 【0029】

以上の構成で、結像光学系 6 の焦点位置より下側に  $10\ \mu\text{m}$  離れたデフォーカス位置に被処理基板 7 を設置し、a-Si 膜面上での光エネルギーが約  $100\ \text{mJ}/\text{cm}^2$  となるようにパルス照射を行った。

図 9 に、計算で求めた光強度分布を示す。

以上により、XY 方向ともピッチ  $10\ \mu\text{m}$  で結晶粒位置が制御された大粒径の

多結晶 p o l y - S i 膜が得られた。

### 【0030】

#### 【実施例2】

本発明の「NA法」の実施例を示す。基本的に実施例1と類似の光源、光学系を用いた。ただし、本実施例では結像光学系の絞り（円形の開口）を交換することにより、結像光学系のNAを調整できるような機構を用意した。この機構により結像光学径のNAを0.1に調整し、照明系のNAを0.05とし、結像光学系6の焦点位置に実施例1と同様の被処理基板7を設置し、a-Si膜面上での光エネルギーが約100mJ/cm<sup>2</sup>となるようにパルス照射を行った。

図10に、計算で求めた光強度分布を示す。

以上により、XY方向ともピッチ10μmで結晶粒位置が制御された大粒径の多結晶 p o l y - S i 膜が得られた。

### 【0031】

#### 【実施例3】

図11に、本発明の製造装置・方法を用いて作製した電子装置の工程断面図を示す。

図において、(a)に示すように、絶縁基板10（例えば、アルカリガラス、石英ガラス、プラスチック、ポリイミドなど）の上に下地膜11（例えば、膜厚50nmのSiNと膜厚100nmのSiO<sub>2</sub>積層膜など）と非晶質半導体膜12（例えば膜厚50nmから200nm程度のSi、Ge、SiGeなど）を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜し、非晶質半導体膜12の表面の一部もしくは全面にエキシマレーザ13（例えば、KrFやXeClなど）を照射する。ここで、エキシマレーザ照射には本発明の実施例1や実施例2で示した製造方法及び製造装置を用いるため、(b)に示すように、従来製造装置を用いた多結晶半導体膜に比べて、結晶粒位置が制御された大粒径の多結晶もしくは単結晶化半導体膜14に変換される。

次に、(c)に示すように、フォトリソグラフィを用いて、単結晶化半導体膜14を島状の半導体膜15に加工し、ゲート絶縁膜16として、膜厚20nmから100nmのSiO<sub>2</sub>膜を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜する。

次に、(d)に示すように、ゲート電極17（例えば、シリサイドやMoWなど

）を形成し、ゲート電極 17 をマスクにして不純物イオン 18（Nチャネルトランジスタであればリン、Pチャネルトランジスタであればホウ素）を注入する。

その後、窒素雰囲気中でアニール（例えば、450℃で1時間）して、不純物を活性化する。次に、（e）に示すように、層間絶縁膜 19 を成膜してコンタクト穴をあけ、チャンネル 20 でつながるソース 21、ドレイン 22 に接続するソース電極 23、ドレイン電極 24 を形成する。このとき、チャンネル 20 を（a）（b）で作成された大粒径の多結晶もしくは単結晶半導体膜の結晶粒位置に合わせて形成した。以上の工程により、多結晶もしくは単結晶化半導体トランジスタを形成することができる。本工程により、多結晶もしくは単結晶化トランジスタは、液晶駆動機能、メモリ（SRAMやDRAM）やCPUなどの集積回路の機能を有するよう回路設計が可能である。

#### 【0032】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、位相シフトマスクと被処理基板の間に結像光学系を配置して距離を置くので、半導体膜にレーザ光を照射する際に生じるアブレーションによって位相シフトマスクを汚染することがなくなる。

また、位相シフトマスクと被処理基板の間に位置を計測するセンサを挿入することも可能になる。

この他、本発明のNA法は従来の位相制御ELA法や本発明のデフォーカス法と比較して次のような4つの利点がある。

第一には被処理基板自体が光軸に対して前後したり、うねりによって半導体膜の表面が前後してもパターン変化が少ない。

第2に照明光の散乱度が変化しても、パターン変化が少ない。

特に散乱が大きくても、デフォーカス法のように、パターンのコントラストが低下しない。

第3に光強度分布は、位相シフト部以外のうねりが少なく、理想パターンに近い。

第4に被処理基板の光軸方向の位置決めは、「デフォーカス法」のようにデフォーカス量を制御する必要なく単純に焦点面に保持するだけでよいので、制御が

容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を実施した結晶化半導体膜の製造装置で用いるレーザ照射装置の概略図である。

【図 2】

デフォーカス法の模式図である。

【図 3】

NA法の模式図である。

【図 4】

瞳関数法の模式図である。

【図 5】

XY方向で光強度分布が異なる2段逆ピークパターンの側面図である。

【図 6】

XY方向で光強度分布が異なる2段逆ピークパターンの平面図である。

【図 7】

位相シフト領域を縞状に配列した位相シフトマスクの模式図である。

【図 8】

位相シフト領域を市松格子状に配列した位相シフトマスクの模式図である。

【図 9】

本発明のデフォーカス法による光強度分布グラフである。

【図 10】

本発明のNA法による光強度分布グラフである。

【図 11】

本発明の製造装置・方法を用いて作製した電子装置の工程断面図である。

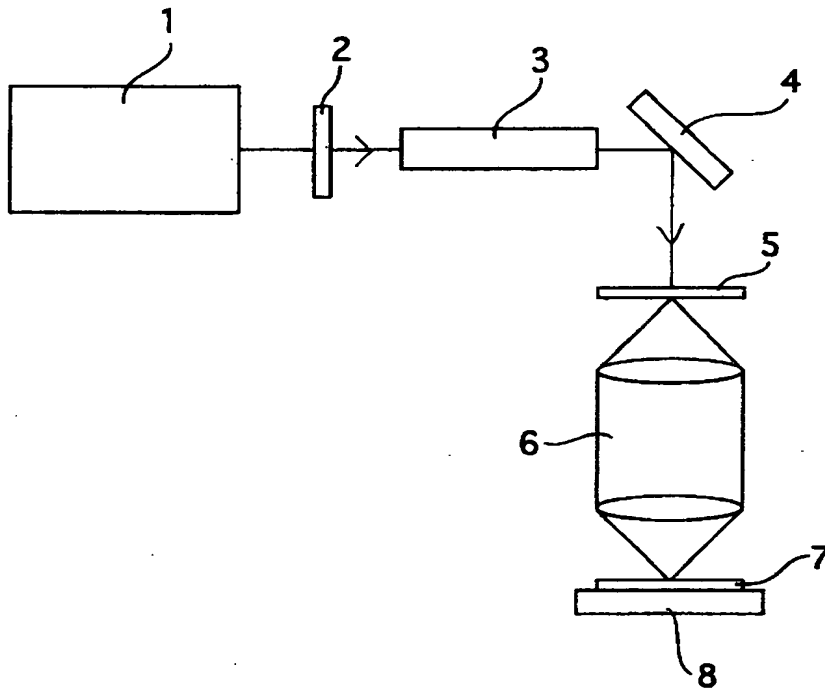
【符号の説明】

- |   |           |
|---|-----------|
| 1 | レーザ装置     |
| 2 | ビームエキスパンダ |
| 3 | ホモジナイザ    |

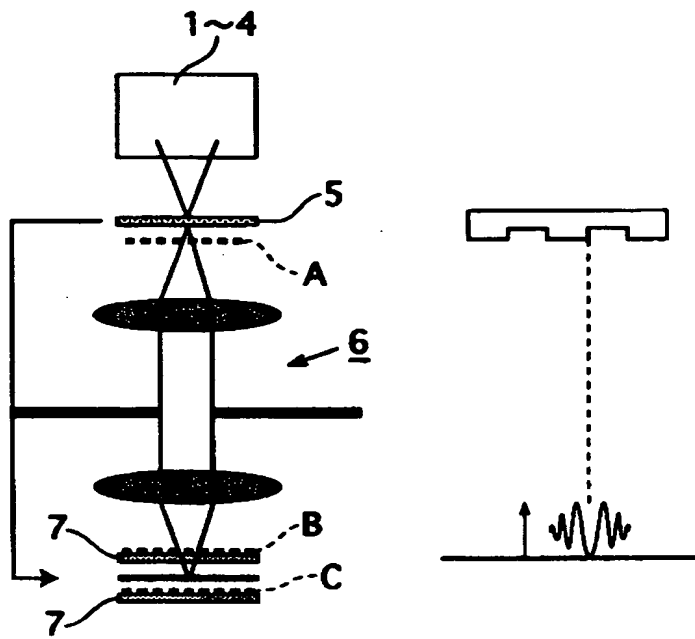
4	ミラー
5	位相シフトマスク
6	結像光学系
7	被処理基板
8	基板チャック
1 0	絶縁基板
1 1	下地膜
1 2	非晶質半導体膜
1 3	エキシマレーザ
1 4	結晶化半導体膜
1 5	結晶化半導体膜（島状加工後）
1 6	ゲート絶縁膜
1 7	ゲート電極
1 8	不純物イオン
1 9	層間絶縁膜
2 0	チャネル
2 1	ソース
2 2	ドレイン
2 3	ソース電極
2 4	ドレイン電極

【書類名】 図面

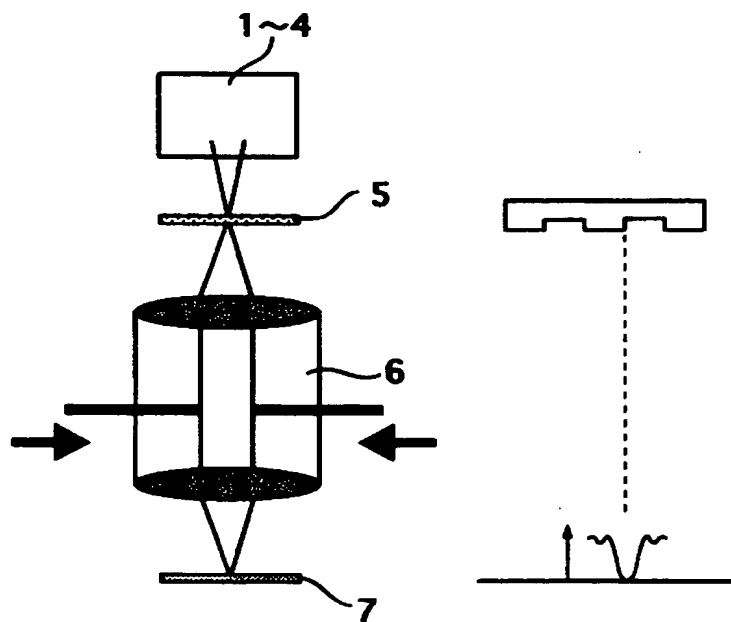
【図 1】



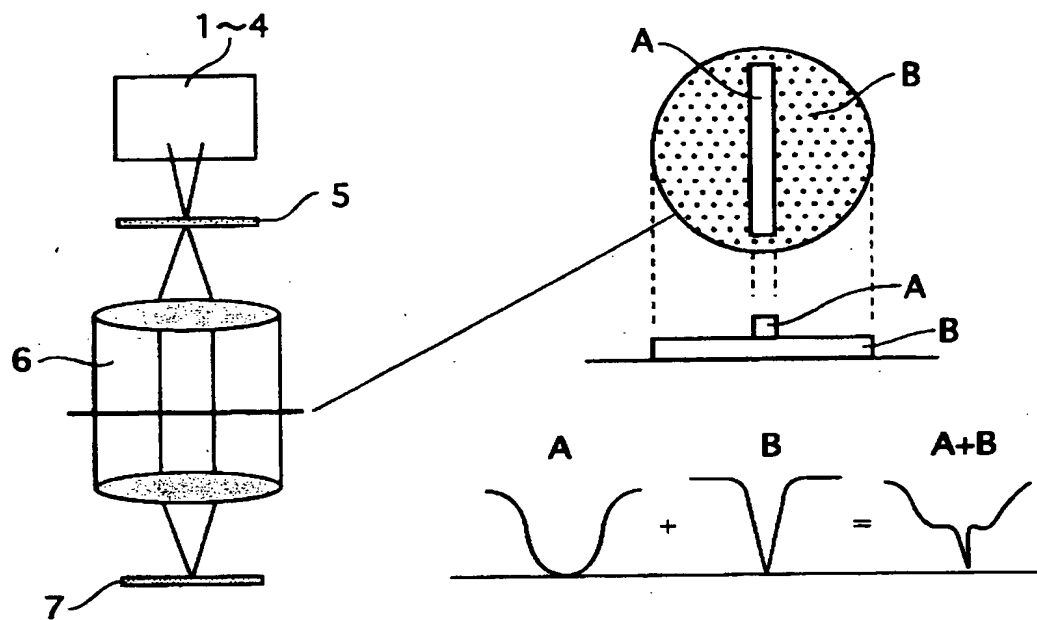
【図 2】



【図 3】

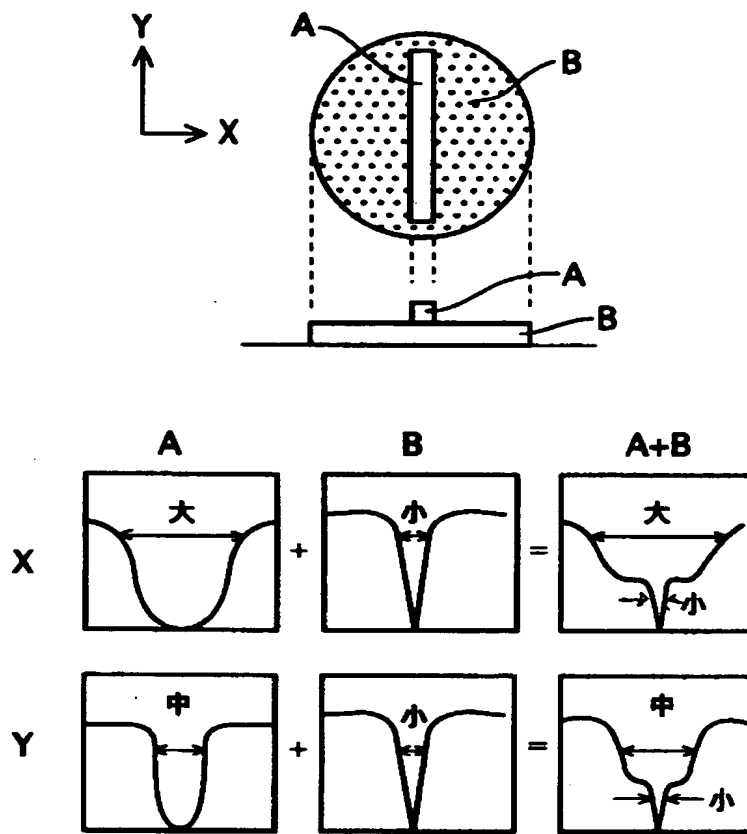


【図 4】

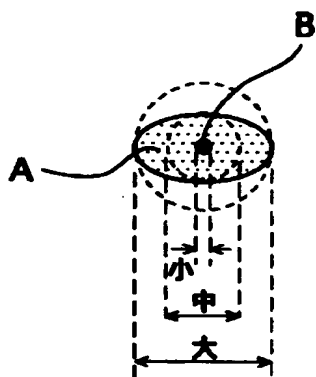




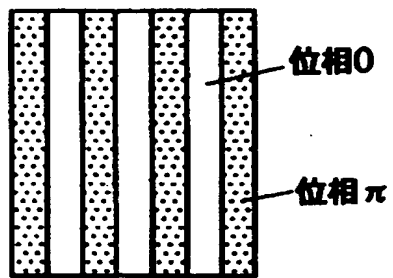
【図 5】



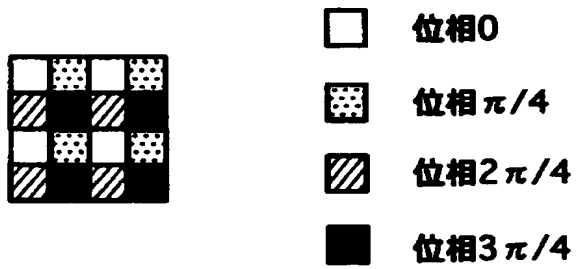
【図 6】



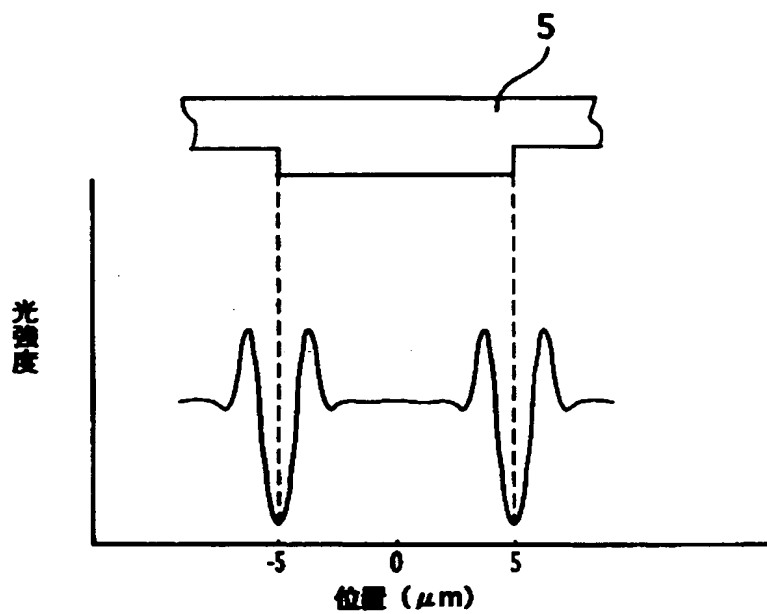
【図 7】



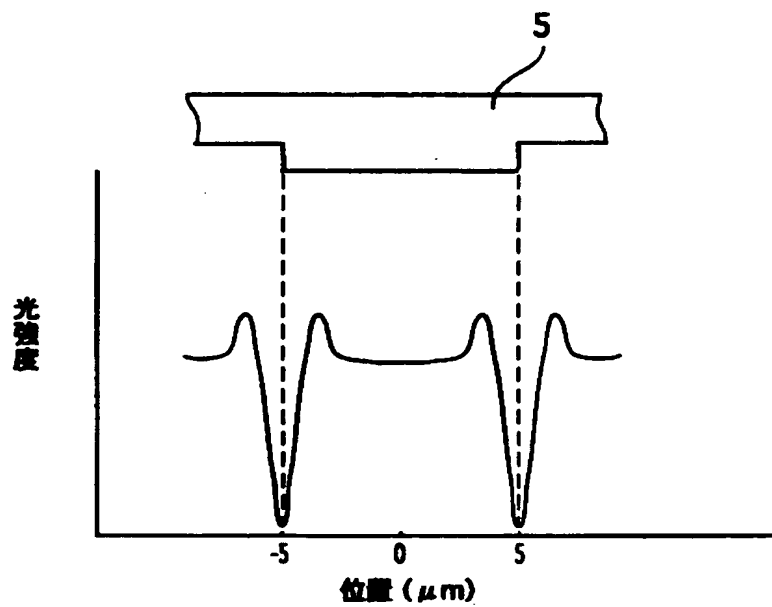
【図 8】



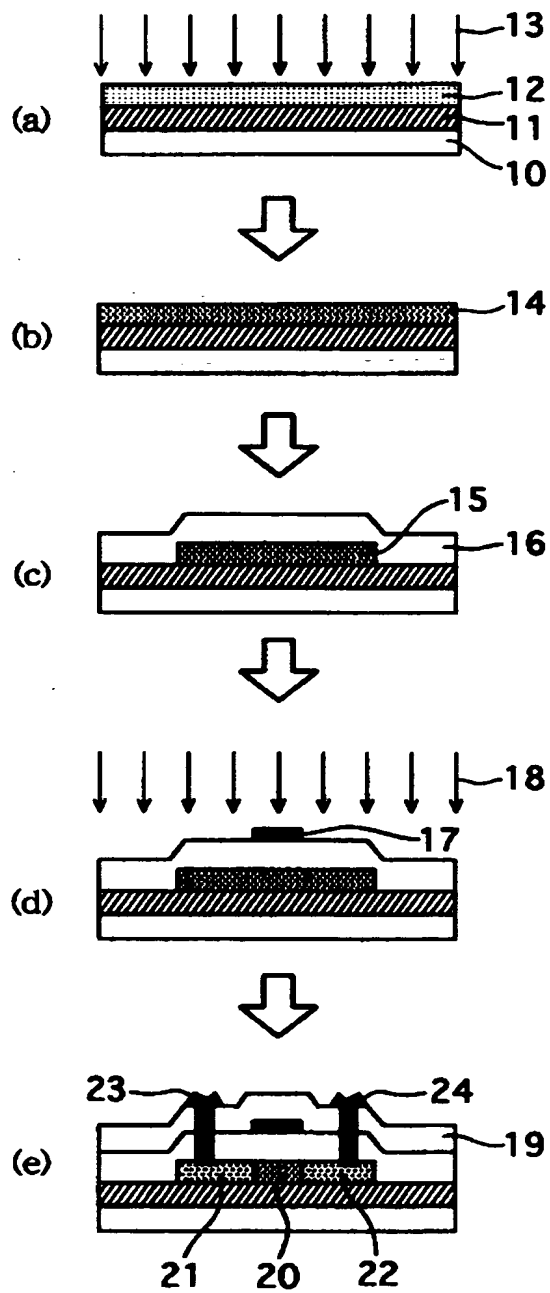
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】 【目的】 位相シフトマスクを介してレーザ光を半導体基板に照射する際のアブレーションによる汚染を回避し、位相シフトマスクと半導体基板の間に位置決めのためのセンサを挿入できるようにする。

【構成】 レーザ装置 1 の先にビームエキスパンダ 2、ホモジナイザ 3、ミラー 4 を介して位相シフトマスク 5 を配置し、結像光学系 6 を間に入れて位相シフトマスク 5 の対向面に被処理基板 7 を設置する。

被処理基板 7 は、真空チャックや静電チャックなどの基板チャック 8 を用いて所定の位置に保持する。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-120312
受付番号	50200589035
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年 4月24日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成14年 4月23日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 1 2 0 3 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 1 2 8 6 6 5 7 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 1 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地

氏 名

株式会社 液晶先端技術開発センター